

Verfahren zur Bewertung von aufgenommenen Bildern von Wafern

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bewertung von aufgenommenen Bildern von Wafern.

In der Halbleiterfertigung werden Wafer während des Fertigungsprozesses in einer Vielzahl von Prozessschritten sequentiell bearbeitet. Mit zunehmender Integrationsdichte steigen die Anforderungen an die Qualität der auf den Wafern ausgebildeten Strukturen. Um die Qualität der ausgebildeten Strukturen überprüfen und eventuelle Defekte finden zu können, ist das Erfordernis an die Qualität, die Genauigkeit und die Reproduzierbarkeit der den Wafer handhabenden Bauteile und Prozessschritte entsprechend. Dies bedeutet, dass bei der Produktion eines Wafer mit der Vielzahl von Prozessschritten und der Vielzahl der aufzutragenden Schichten an Photolack oder Ähnlichem eine zuverlässige und frühzeitige Erkennung von Defekten besonders wichtig ist. Bei der optischen Erkennung von Fehlern gilt es dabei die systematischen Fehler durch die Dickenschwankungen bei der Belackung der Halbleiterwafer zu berücksichtigen, um somit einer Markierung von Stellen auf dem Halbleiterwafer zu vermeiden, die keinen Fehler beinhalten.

Makroskopische Bilder von Halbleiterwafers zeigen, dass die Homogenität der Schichten oder Layer sich radial ändert. Insbesondere bei der Belackung treten in den vom Mittelpunkt des Wafers entfernten Bereichen veränderte Homogenitäten auf. Wird wie bisher eine einheitliche Empfindlichkeit über den gesamten Radius des Wafers für die Bewertung von Bildern der aufgenommenen Wafer verwendet, so kommt es vor, dass die Abweichungen am Rand immer, jedoch Defekte im Inneren (nahe am Mittelpunkt des Wafers)

nicht detektiert werden. Wird eine hohe Empfindlichkeit gewählt, um Defekte in homogenen Gebieten sicher zu detektieren, so treten in den Randbereichen verstärkte Fehldetections auf, da die inhomogenen Randbereiche nicht immer als Fehler zu bewerten sind. Um dies zu verhindern, kann man die

5 Randbereiche komplett ausklammern. Jedoch werden dann dort keine echten Fehler gefunden. Wählt man dagegen eine geringere Empfindlichkeit so kommt es zwar zu keinen Fehldetections mehr, jedoch können Fehler in den homogenen Gebieten nicht gefunden werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Verfahren zu schaffen, mit dem 10 unter Berücksichtigung der Inhomogenitäten auf der Oberfläche eines Wafers eine eindeutige Detektion von Fehlern möglich ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Es ist von besonderen Vorteil, wenn zuerst ein Bild mindestens eines 15 Referenzwafers aufgenommen wird. An Hand der Aufnahme erfolgt ein Ermitteln und Darstellen der radialen Verteilung der Messwerte des Referenzwafers als eine radiale Homogenitätsfunktion auf einem Userinterface. Ein radial abhängiges Empfindlichkeitsprofils wird unter Berücksichtigung der radialen Homogenitätsfunktion des Referenzwafers 20 verändert, wobei mindestens ein Parameter des Empfindlichkeitsprofils variiert wird, wodurch ein erlerntes Empfindlichkeitsprofil visuell aus dem Vergleich mit der radialen Homogenitätsfunktion bestimmt wird. Ermittelt werden Fehler auf mindestens einem weiteren Wafer an Hand des Vergleichs des erlernten radialen Empfindlichkeitsprofils des Referenzwafers und der gemessenen 25 radialen Verteilung der Homogenitätsfunktion des mindestens einen weiteren Wafers. Der Fehler auf dem Wafer ist durch das Unterschreiten des erlernten Empfindlichkeitsprofils durch die gemessene radialen Verteilung der Homogenitätsfunktion bestimmt. Der gefundene Fehler wird auf einer bildlichen Darstellung des mindestens einen weiteren Wafers markiert.

Das erlernte Empfindlichkeitsprofil ist vom Abstand zu einem Mittelpunkt des Wafers abhängig. Diese Abhängigkeit resultiert aus der Abhängigkeit, die sich aus den Produktionsprozessen der Wafer selbst ergibt. Auf den Wafer werden für nachfolgende lithographische Prozesse Schichten mit einem Spinverfahren aufgetragen. Alleine hieraus resultieren Dickenschwankungen der Schicht oder der Schichten, die bei der Detektion von Fehlern zu berücksichtigen ist.

5 Es sind mehrere verschiedene Profilformen auf dem Userinterface vorhanden, die zum Bestimmen des erlernten Empfindlichkeitsprofil vom Benutzer ausgewählt werden können.

10 Besonders geeignet haben sich drei verschiedene Profilformen erwiesen, die zum Bestimmen des erlernten Empfindlichkeitsprofil vom Benutzer ausgewählt werden können. Dabei ist eine erste Profilform unabhängig von der radialen Position auf dem Wafer. Eine zweite Profilform besteht aus einem ersten und einen zweiten Abschnitt, von denen mindestens einer in der Steigung 15 verändert werden kann. Eine dritte Profilform ist vorgesehen, die einen ersten, einen zweiten und einen dritten Abschnitt aufweist, wobei jeder Abschnitt unabhängig im Niveau verändert werden kann.

20 Mindestens ein Parameter ist veränderbar, um das Empfindlichkeitsprofil an radiale Homogenitätsfunktion eines Wafers anzulegen. Dabei steht mindestens ein Parameter für die radiale Position eines Übergangs zwischen zwei Abschnitten des Empfindlichkeitsprofils, die sich in der Steigung unterscheiden. Ein weiterer Parameter definiert das Niveau des Empfindlichkeitsprofils, wobei mindestens drei Niveaus des Empfindlichkeitsprofils einstellbar sind. Das Niveau des Empfindlichkeitsprofils 25 ist dabei auf das Niveau der radialen Homogenitätsfunktion bezogen. Die Einstellung des Niveaus bzw. der Abschnitte mit den unterschiedlichen Steigungen kann durch jeweils einen Slider verändert werden.

In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand schematisch dargestellt und wird anhand der Figuren nachfolgend beschrieben. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Systems zur Detektion von Fehlern auf Wafern;

Fig. 2a eine Darstellung der Art der Aufnahme der Bilder oder Bilddaten eines Wafers;

5 Fig. 2b eine schematische Draufsicht auf einen Wafer;

Fig. 3 eine Ausführungsform eines Userinterfaces für die Parametereingabe zum Festlegen eines Empfindlichkeitsprofils für die Farbschwankungen auf der Oberfläche eines Wafers; und

10 Fig. 4 eine Ausführungsform eines Userinterfaces für die Parametereingabe zum Festlegen eines Empfindlichkeitsprofils für die radiale Abeichung der Daten von einem Histogramm.

Fig. 1 zeigt ein System 1 zur Detektion von Fehlern auf Wafern. Das System 1 besteht z.B. aus mindestens einem Kassettenelement 3 für die Halbleitersubstrate bzw. Wafer. In einer Messeinheit 5 werden Bilder bzw. 15 Bilddaten von den einzelnen Wafern aufgenommen. Zwischen dem Kassettenelement 3 für die Halbleitersubstrate bzw. Wafer und der Messeinheit 5 ist ein Transportmechanismus 9 vorgesehen. Das System 1 ist von einem Gehäuse 11 umschlossen ist, wobei das Gehäuse 11 eine Grundfläche 12 definiert. Im System 1 ist ferner ein Computer 15 integriert, 20 der die Bilder bzw. Bilddaten von den einzelnen gemessenen Wafern aufnimmt und verarbeitet. Das System 1 ist mit einem Display 13 und einer Tastatur 14 versehen. Mittels der Tastatur 14 kann der Benutzer Daten eingaben zur Steuerung des Systems oder auch Parametereingaben zur Auswertung des Bilddaten von den einzelnen Wafern machen. Auf dem 25 Display 13 werden dem Benutzer des Systems mehrere Benutzerinterfaces dargestellt.

Fig. 2a zeigt eine schematisch Ansicht der Art und Weise, wie von einem Wafer 16 die Bilder und/oder Bilddaten erfasst werden. Der Wafer 16 ist auf

einer Tisch 20 aufgelegt, der im Gehäuse 11 in einer ersten Richtung X und einer zweiten Richtung Y verfahrbar ist. Die erste und die zweite Richtung X, Y sind senkrecht zueinander angeordnet. Über der Oberfläche 17 des Wafers 16 ist eine Bildaufnahmeeinrichtung 22 vorgesehen, wobei das Bildfeld der Bildaufnahmeeinrichtung 22 kleiner ist als die gesamte Oberfläche 17 des Wafers 16. Um die gesamte Oberfläche 17 des Wafers 16 mit der Bildaufnahmeeinrichtung 22 zu erfassen, wird der Wafer 16 meanderförmig abgescannt. Die einzelnen nacheinander erfassten Bildfelder werden zu einem gesamten Bild der Oberfläche 17 eines Wafers 16 zusammengesetzt.

5 Die geschieht ebenfalls mit dem in Gehäuse 11 vorgesehenen Computer 15. Um eine Relativbewegung zwischen dem Tisch 20 und der Bildaufnahmeeinrichtung 22 zu erzeugen, wird in diesem Ausführungsbeispiel ein x-y-Scanningtisch verwendet, der in den Koordinatenrichtungen x und y verfahrenen werden kann. Die Kamera 23 ist hierbei gegenüber dem Tisch 20 10 fest installiert. Selbstverständlich kann auch umgekehrt der Tisch 20 fest installiert sein und die Bildaufnahmeeinrichtung 22 für die Bildaufnahmen über den Wafer 16 bewegt werden. Auch eine Kombination der Bewegung der Kamera 23 in eine Richtung und des Tisches 20 in der dazu senkrechten 15 Richtung ist möglich.

15 Der Wafer 16 wird mit einer Beleuchtungseinrichtung 23 beleuchtet, die zumindest Bereiche auf dem Wafer 16 beleuchtet, die dem Bildfeld der Bildaufnahmeeinrichtung 22 entsprechen. Durch die konzentrierte Beleuchtung, die zudem auch mit einer Blitzlampe gepulst sein kann, sind Bildaufnahmen on-the-fly möglich, bei denen also der Tisch 20 oder die 20 Bildaufnahmeeinrichtung 22 ohne für die Bildaufnahme anzuhalten verfahren werden. Dadurch ist ein großer Waferdurchsatz möglich. Natürlich kann auch für jede Bildaufnahme die Relativbewegung zwischen Tisch 20 und Bildaufnahmeeinrichtung 22 angehalten werden und der Wafer 16 auch in seiner gesamten Oberfläche 17 beleuchtet werden. Der Tisch 20, 25 Bildaufnahmeeinrichtung 22 und Beleuchtungseinrichtung 23 werden vom Computer 15 gesteuert. Die Bildaufnahmen können durch den Computer 15 in 30

einem Speicher 15a abgespeichert und gegebenenfalls auch von dort wieder aufgerufen werden.

Fig. 2b zeigt die Draufsicht auf einen Wafer 16, der auf einen Tisch 20 aufgelegt ist. Der Wafer 16 besitzt einen Mittelpunkt 25. Auf dem Wafer 16 werden Schichten aufgetragen, die dann in einem weiteren Arbeitsgang strukturiert werden. Ein strukturierter Wafer umfasst eine Vielzahl von strukturierten Elementen.

Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform eines Userinterfaces 30 für die Parametereingabe zum Festlegen eines Empfindlichkeitsprofils 31 für die Farbschwankungen auf der Oberfläche 17 eines Wafers 16. Auf dem Userinterface 30 ist die Farbschwankung als eine Funktion 32 des Radius des Wafers 16 aufgetragen. Die Abweichungen werden bewertet und die Schwankungen der Funktion 32 ist ein Maß für die Änderung der Farbe der Oberfläche 17 des Wafers 16 vom Mittelpunkt 25 des Wafers 16 aus gesehen. Die Funktion 32 bzw. Kurve ergibt sich aus dem Minimum aller auf einem Abstand zum Mittelpunkt 25 bzw. aller auf einem Radius liegenden Messwerte. Zur Anpassung eines Empfindlichkeitsprofils 31 an die Funktion 32 stehen dem Benutzer mehrere verschiedene Profilformen 31a, 31b und 31c zur Verfügung, um somit ein erlerntes Empfindlichkeitsprofil 31 zu bestimmen und festzulegen. Das so bestimmte Empfindlichkeitsprofil 31 wird für Bestimmung und Kennzeichnung der Fehler auf anderen Wafers eines Loses verwendet. In der Produktion bzw. in der Anwendung des eingelernten Empfindlichkeitsprofil 21 wird dieses mit den Messwerten der verschiedenen Wafer eines Loses verglichen. Ein Fehler wird dann charakterisiert, wenn ein Messwert das erlernte Empfindlichkeitsprofil 31 unterschreitet. Das in Fig. 3 dargestellte Userinterface 30 wird auf dem Display 15 dargestellt und der Benutzer kann über die Tastatur 14 die erforderlichen Eingaben machen. Nachdem der Benutzer eine erste, eine zweite oder eine dritte Profilform 31a, 31b oder 31c ausgewählt hat, kann er diese im visuellen Vergleich zu der Funktion 32 ändern. Die Veränderung eines radial abhängigen Empfindlichkeitsprofils 31 unter Berücksichtigung der radialen Funktion 32 des

Referenzwafers erfolgt derart, dass mindestens ein Parameter der ausgewählten Profilform variiert wird, wodurch ein erlerntes Empfindlichkeitsprofil visuell bestimmt wird. Der Benutzer kann also auf dem Display visuell abschätzen, ob er mit der Anpassung des 5 Empfindlichkeitsprofils 31 an die jeweils aktuelle Funktion zufrieden ist. Auf dem Userinterface 30 werden dem Benutzer Positionierelemente 33 dargestellt. Die Darstellung der Positionierelemente 33 ist unter der graphischen Darstellung der Empfindlichkeitsprofils 31 und der Funktion 32 angebracht. Die Lage der Positionierelemente 33 kann z.B. über eine Maus 10 (nicht dargestellt) verändert werden. Die zweite und die dritte Profilform 31b und 31c besitzen können mindestens einen Abschnitt aufweisen, der eine andere Steigung besitzt als der Rest der Profilform. In der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform sind zwei Abschnitte in der Profilform 31 vorgesehen, die sich in ihrer Steigung unterscheiden. Der Übergang von 15 einem Abschnitt zum anderen wird in Fig. 3 durch eines der Positionierelemente 33 festgelegt. Auf dem Display 30 werden dem Benutzer ein Einstellelement 35 für die Glättung des Empfindlichkeitsprofils 31 bereitgestellt. Hinzu kommt, dass weitere Einstellelemente 36 für die Empfindlichkeit des Empfindlichkeitsprofils 31 dem Benutzer dargeboten 20 werden. Mit der Vielzahl an Einstellelementen 33, 35 und 36 kann der Benutzer das Empfindlichkeitsprofils 31 an die Funktion 32 anpassen und die erfolgten Änderungen auf dem Display 13 zu beobachten und hinsichtlich ihrer Relevanz abschätzen. Das Userinterface 30 stellt den Benutzer ebenfalls noch eine Auswahlfeld zur 37 Verfügung, mit dem er Empfindlichkeitsprofile 25 von weiteren Referenzwafern zu den bestehenden eingelernten Empfindlichkeitsprofilen hinzufügen will. Ferner hat der Benutzer die Möglichkeit einen neuen Wafer als Referenzwafer zu verwenden und für diesen ein neues eingelerntes Empfindlichkeitsprofil zu erstellen. In einem Eingabefeld 38 erhält der Benutzer die Information über die allgemeinen 30 Einstellungen hinsichtlich der Farbänderungen bei einem Wafer. Die Einstellungen umfassen die Farbverschiebung und die Abweichung von einem Histogramm. In einem Auswahlfeld 39 wird dem Benutzer angezeigt welche

Datenauswahl getroffen oder eingestellt worden ist. In dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Farbverschiebung ausgewählt. Mit einem OK-Button 34 bestätigt der Benutzer seine Eingaben bzw. Einstellungen.

- 5 Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform eines Userinterfaces für die Parametereingabe zum Festlegen eines eingelernten Empfindlichkeitsprofils, wobei als Funktion 40 die radiale Abweichung der Daten vom Histogramm dargestellt sind. Die Darstellung des Userinterfaces aus Fig. 4 ist mit der Darstellung aus Fig. 3 vergleichbar. Es wurden gleiche Bezugszeichen für gleiche Komponenten verwendet. Für die Anpassung eines Empfindlichkeitsprofils 41 an die radiale Funktion 40 ist eine Profilform 31 ausgewählt, die drei Abschnitte aufweist, die in der Steigung und/oder dem Niveau unterscheiden. Display visuell abschätzen, ob er mit der Anpassung des Empfindlichkeitsprofils 31 an die jeweils aktuelle Funktion zufrieden ist.
- 10 15 Die auf dem Userinterface 30 dargestellten Positionierelemente 33 können vom Benutzer derart verschoben werden, dass sie die Lage der Übergänge zwischen den einzelnen Abschnitten markieren. Die Darstellung der Positionierelemente 33 ist unter der graphischen Darstellung der Empfindlichkeitsprofils 41 und der Funktion 40 angebracht. Hinzu kommt, dass weitere Einstellelemente 36 für die Empfindlichkeit des Empfindlichkeitsprofils 31 dem Benutzer dargeboten werden. Mit der Vielzahl an Einstellelementen 33, 35 und 36 kann der Benutzer das Empfindlichkeitsprofile 31 an die Funktion 32 anpassen und die erfolgten Änderungen auf dem Display 13 zu beobachten und hinsichtlich ihrer Relevanz abschätzen.
- 20

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bewertung von aufgenommenen Bildern von Wafers gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

5 - Aufnehmen des Bildes mindestens eines Referenzwafers,

 - Ermitteln und Darstellen der radialen Verteilung der Messwerte des Referenzwafers als eine radiale Homogenitätsfunktion auf einem Userinterface, und

 - Verändern eines radial abhängigen Empfindlichkeitsprofils unter Berücksichtigung der radialen Homogenitätsfunktion des Referenzwafers, wobei mindestens ein Parameter des Empfindlichkeitsprofils variiert wird, wodurch ein erlerntes Empfindlichkeitsprofil visuell aus dem Vergleich mit der radialen Homogenitätsfunktion bestimmt wird.

10 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ermitteln von Fehlern auf mindestens einem weiteren Wafer an Hand des Vergleichs des erlernten radialen Empfindlichkeitsprofils des mindestens einen Referenzwafers mit der gemessenen radialen Verteilung der Homogenitätsfunktion des mindestens

20 einen weiteren Wafers erfolgt, wobei ein Fehler aus dem Vergleich der gemessenen radialen Verteilung der Homogenitätsfunktion und des erlernten Empfindlichkeitsprofils bestimmt ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Fehler durch das Unterschreiten des erlernten Empfindlichkeitsprofils durch die gemessene radialen Verteilung der Homogenitätsfunktion bestimmt ist und als solcher auf einer bildlichen Darstellung des mindestens einen weiteren Wafers markiert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erlernte Empfindlichkeitsprofil vom Abstand zum Mittelpunkt des Wafers abhängig ist.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das mehrere verschiedene Profilformen zum Bestimmen des erlernten Empfindlichkeitsprofil vom Benutzer ausgewählt werden können.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass drei verschiedene Profilformen zum Bestimmen des erlernten Empfindlichkeitsprofil vom Benutzer ausgewählt werden können.
7. Verfahrenen nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Profilform unabhängig von der radialen Position auf dem Wafer ist.
8. Verfahrenen nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Profilform einen ersten und einen zweiten Abschnitt aufweist, von denen mindestens einer in der Steigung verändert werden kann.
9. Verfahrenen nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine dritte Profilform vorgesehen ist, die einen ersten, einen zweiten und einen dritten Abschnitt aufweist, von denen mindestens einer in der Steigung verändert werden kann.

10. Verfahrenen nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Parameter veränderbar ist, um das Empfindlichkeitsprofil an radiale Homogenitätsfunktion eines Wafers anzulegen.
- 5 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Parameter die radiale Position eines Übergangs zwischen zwei Abschnitten des Empfindlichkeitsprofils definiert, die sich in der Steigung unterscheiden.
- 10 12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Parameter ein Niveau des Empfindlichkeitsprofils definiert, wobei mindestens drei Niveaus des Empfindlichkeitsprofils einstellbar sind.
- 15 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellung des Niveaus durch jeweils einem Slider verändert werden können.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere eingelernte Empfindlichkeitsprofile kombiniert werden.
- 20 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein eingelerntes Empfindlichkeitsprofil jederzeit gegen ein neu eingelerntes Empfindlichkeitsprofil ersetzbar ist.

Zusammenfassung

Es ist ein Verfahren zur Bewertung von aufgenommenen Bildern von Wafern offenbart. Dem Aufnehmen des Bildes mindestens eines Referenzwafers schließt sich das Ermitteln und Darstellen der radialen Verteilung der

- 5 Messwerte des Referenzwafers als eine radiale Homogenitätsfunktion auf einem Userinterface an. Eines radial abhängiges Empfindlichkeitsprofil wird unter Berücksichtigung der gemessenen radialen Homogenitätsfunktion des Referenzwafers verändert. Mindestens ein Parameter des Empfindlichkeitsprofils wird variiert, wodurch ein erlerntes
- 10 Empfindlichkeitsprofil visuell aus dem Vergleich mit der radialen Homogenitätsfunktion bestimmt wird.

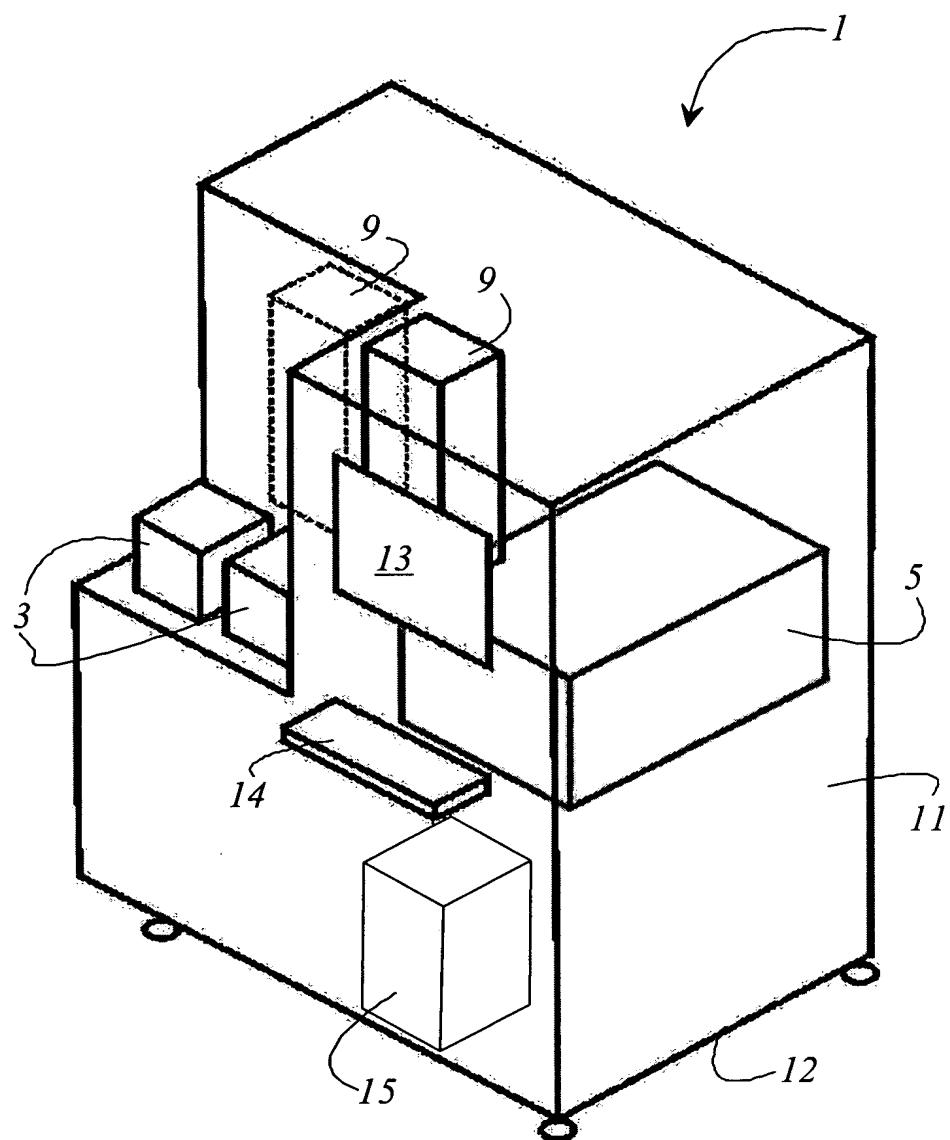


Fig. 1

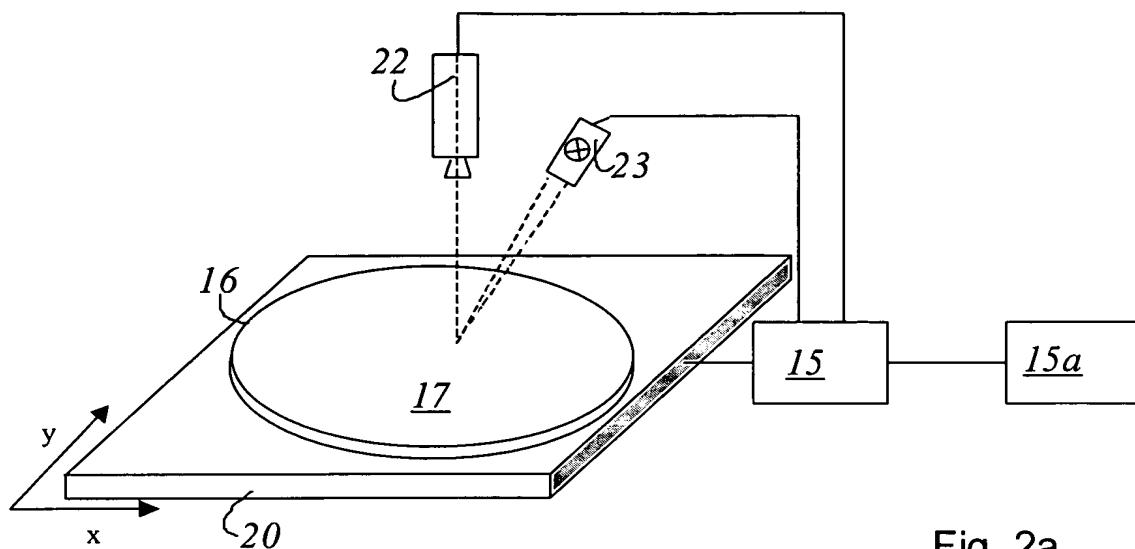


Fig. 2a

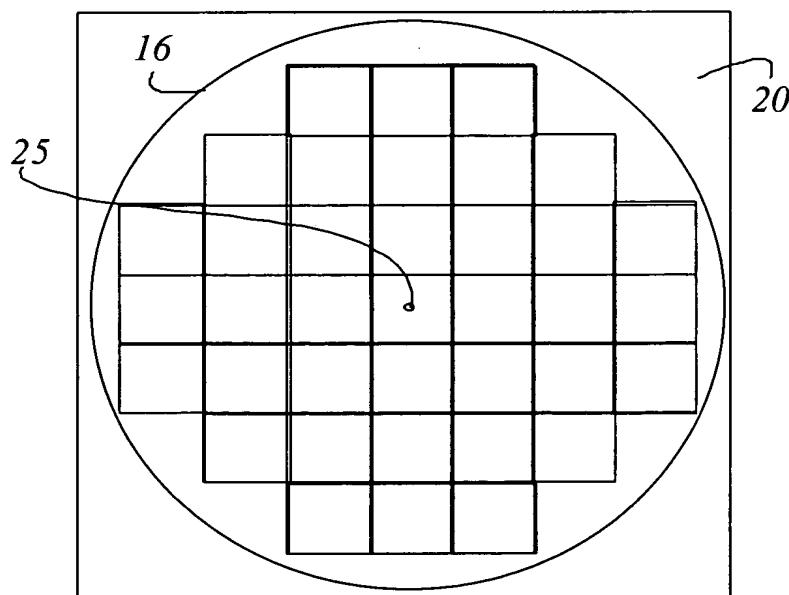


Fig. 2b

BEST AVAILABLE COPY

3/4

Fig. 3

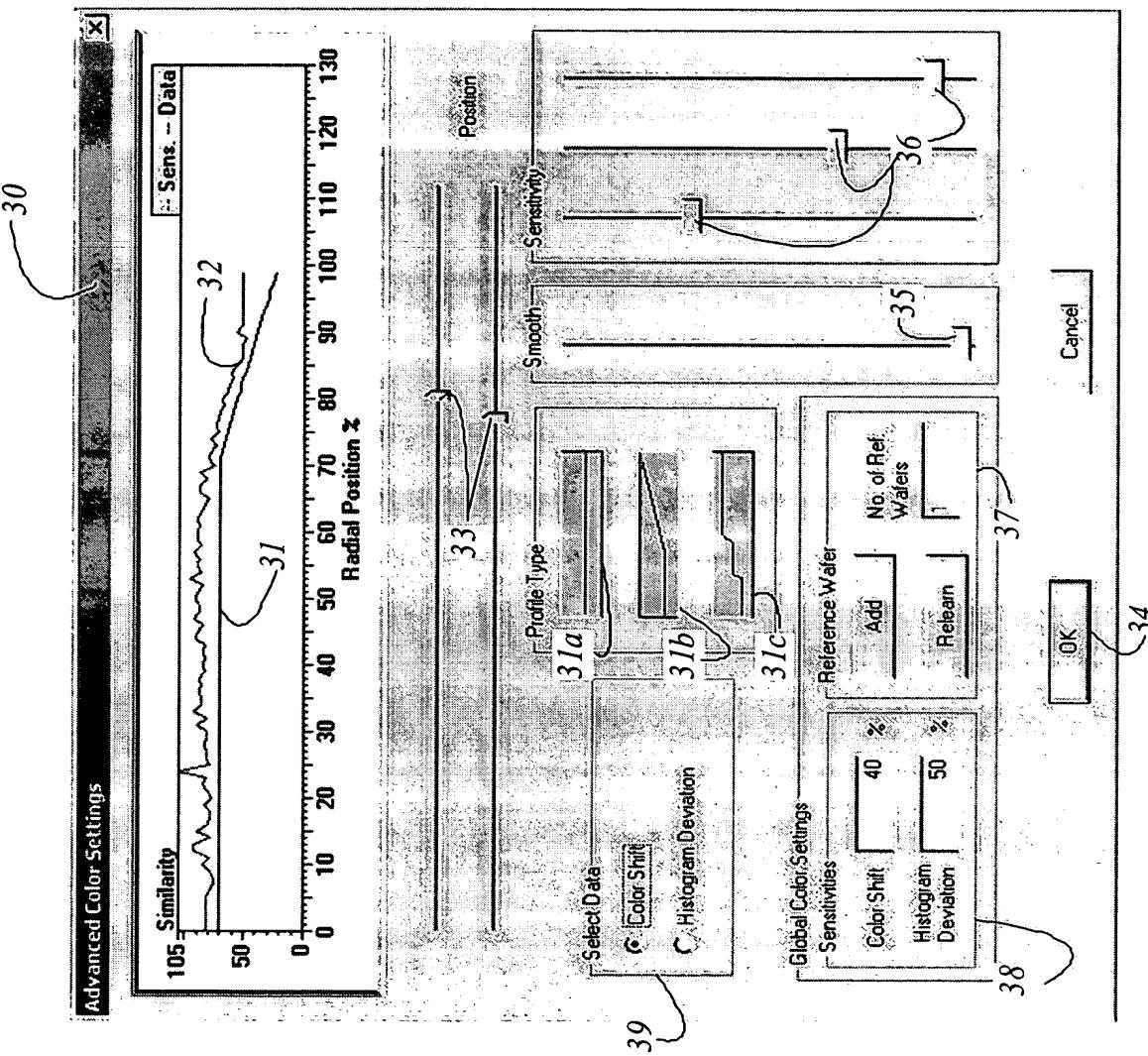
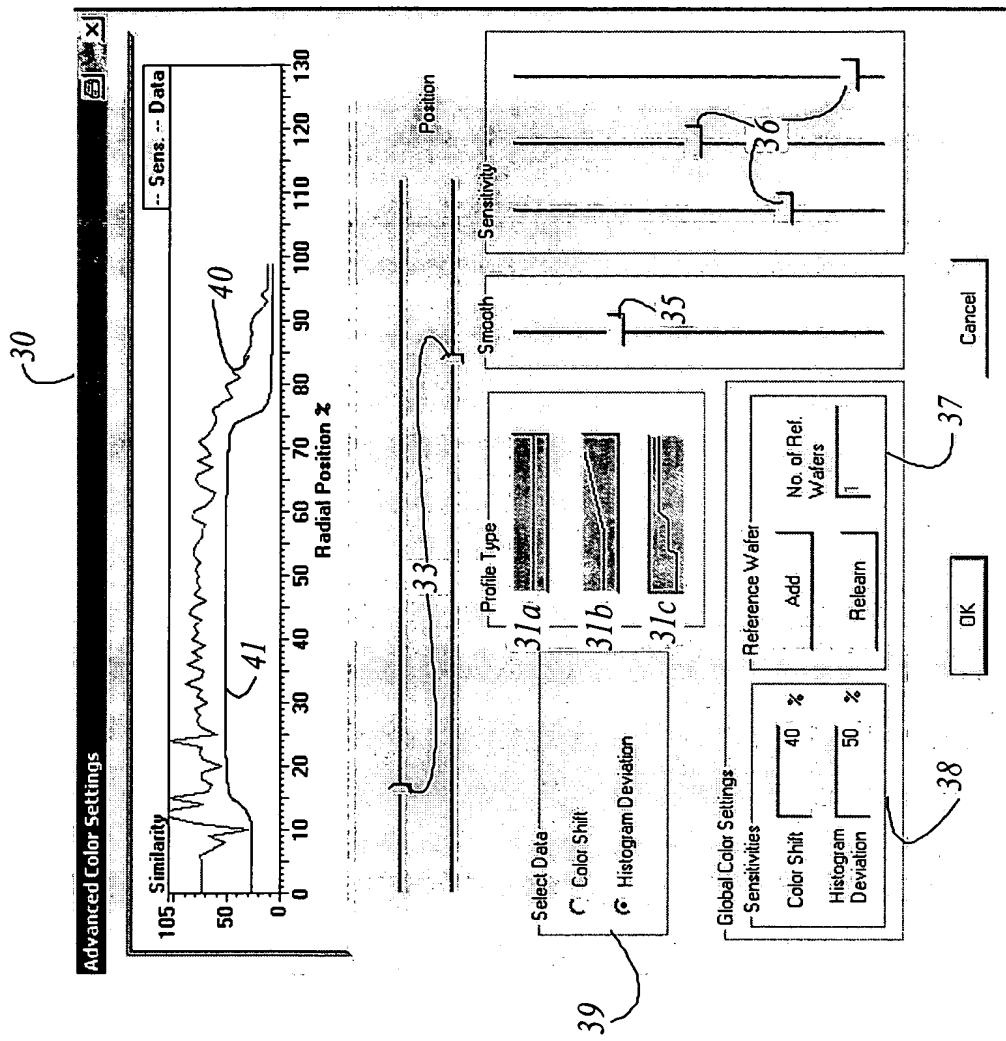


Fig. 4



34

E 0706 WO

Express Mail Label No. EV 715209222US

Method for Evaluating Reproduced Images of Wafers

5 The invention relates to a method for evaluating recorded wafer images.

In semiconductor production, during the fabrication process, wafers are sequentially processed in a multitude of processing steps. With increasing integration density, the requirements on the quality of the structures formed on the wafers increase. To be able to check the quality of the 10 structures formed and to be able to find possible defects, corresponding requirements are placed on the quality, accuracy and reproducibility of the equipment components and processing steps handling the wafer. This means that in the production of a wafer with the multitude of processing steps and multitude of photoresist or similar layers that have to be applied, reliable and early detection of defects is particularly important. In the optical identification of defects it 15 is necessary to take into account the systematic defects owing to thickness fluctuations during the coating of the semiconductors so as to avoid the marking of sites on the semiconductor wafer that do not contain defects.

20 Macroscopic images of semiconductor wafers show that the homogeneity of the layers changes radially. During coating, in particular, changes in homogeneity appear in the regions distant from the center point of the wafer. If for the evaluation of recorded wafer images, as before, a uniform sensitivity is used over the entire radius of the wafer, it can happen that the deviations at the margins are always detected, but the internal defects (near the center point of the wafer) are not. If a high sensitivity is selected to detect defects in homogeneous regions with certainty, 25 then more pronounced detection errors occur in the marginal regions, because the nonhomogeneous marginal regions cannot always be evaluated as defects. To prevent this, the marginal regions can be entirely disregarded. In this case, however, no real defects are found in these regions. If, on the other hand, one selects a lower sensitivity, no false defect detections are made, but the defects in the homogeneous regions cannot be found.

30

The object of the invention is to provide a method whereby an unequivocal detection of defects is possible while taking into account the nonhomogeneities on the surface of a wafer.

This objective is reached by means of a method having the features described in claim 1.

It is particularly advantageous if first an image of at least one reference wafer is recorded.

5 Based on the recorded image, the radial distribution of the measurements made on the reference wafer is determined and represented on a user interface as a radial homogeneity function. A radially-dependent sensitivity profile is modified taking into account the radial homogeneity function of the reference wafer and varying at least one parameter of the sensitivity profile thereby visually determining a learned sensitivity profile from the comparison with the radial 10 homogeneity function. Defects on at least one other wafer are determined from a comparison of the learned radial sensitivity profile of the reference wafer and the measured radial distribution of the homogeneity function of the at least one other wafer. The defect on the wafer is found by the fact that the measured radial distribution of the homogeneity function falls below the learned sensitivity profile. The defect found is marked on a graphic representation of the at least one 15 other wafer. The learned sensitivity profile depends on the distance from the center point of the wafer. This dependence is a result of the dependence arising from the wafer production processes. For subsequent lithographic processing, layers are applied to the wafer by a spinning process. This alone causes thickness fluctuations of the layer or layers which are to be taken into account in the detection of defects.

20

On the user interface, there are present several different profile forms that can be chosen by the user for the determination of the learned sensitivity profile.

25 Three different profile forms that can be selected by the user to determine the learned sensitivity profile have been found to be particularly well suited. Of these, the first profile form is independent of the radial position on the wafer. A second profile form consists of a first and a second section of which only one can be modified in terms of its slope. A third profile form is provided which has a first, second and third section, the level of each section being independently changeable.

30

At least one parameter can be varied in order to adapt the sensitivity profile to the radial homogeneity function of a wafer. At least one parameter stands for the radial position of a

transition between two sections of the sensitivity profile differing in slope. Another parameter defines the level of the sensitivity profile, it being possible to set at least three levels of the sensitivity profile. The level of the sensitivity profile is based on the level of the radial homogeneity function. The setting of the level or of the sections with the different slopes can be 5 changed by means of a slider.

In the drawing, the object of the invention is represented schematically and in the following is explained by reference to the figures, of which:

10 Fig. 1 is a schematic representation of a system for detecting defects on wafers;

Fig. 2a is a representation of the type of image recording or image data of a wafer;

15 Fig. 2b shows a schematic top view of a wafer;

Fig. 3 shows a version of a user interface for parameter input for establishing a sensitivity profile for the color fluctuations on the surface of a wafer;

Fig. 4 shows a version of a user interface for parameter input for establishing a sensitivity profile for the radial deviation of the data from a histogram.

20 Fig. 1 shows a system for detecting defects on wafers. System 1 consists, for example, of at least one cassette element 3 for the semiconductor substrates or wafers. Images or image data of the individual wafers are recorded in a measuring unit 5. A transport mechanism 9 is provided between cassette element 3 for the semiconductor substrates or wafers and measuring unit 5.

25 System 1 is enclosed by a housing 11, said housing 11 defining a bottom surface 12. Integrated into system 1 is also a computer 15 which acquires and processes the images or image data of the individual wafers measured. System 1 is provided with a display 13 and a keyboard 14. By means of keyboard 14, the user can input data for controlling the system or also parameters for evaluating the image data of the individual wafers. On display 13, several user interfaces are 30 displayed for the user.

Fig. 2a shows a schematic view of the manner in which the images and/or image data of a wafer

16 are acquired. Wafer 16 is placed on stage 20 which in housing 11 can be displaced in a first direction X and a second direction Y. The first direction X and the second direction Y are perpendicular to one another. Above surface 17 of wafer 16 there is provided an image-taking device 22 the image field of image-taking device 22 being smaller than the total surface 17 of wafer 16. To be able take in the entire surface 17 of wafer 16 with the image-taking device 22, wafer 16 is scanned in meandering fashion. The individual successively acquired image fields are combined into an overall image of surface 17 of wafer 16. This is also done by the computer 15 provided in housing 11. In this practical example, to create a relative movement between stage 20 and image-taking device 22, an x-y scanning stage is used which can be displaced in the coordinate directions x and y. Camera 22 is firmly installed above stage 20. Naturally, viceversa, stage 20 can be firmly installed and the image-taking device 22 for taking images moved over wafer 16. A combination in which camera 23 is moved in one direction and stage 20 is moved in the direction perpendicular thereto is also possible.

15 Wafer 16 is illuminated with an illumination device 23 which illuminates at least those regions on wafer 16 that correspond to the image field of image-taking device 22. As a result of the concentrated illumination which in addition can be pulsed with a photoflash lamp, on-the-fly image taking is possible, namely stage 20 or image-taking device 22 can be displaced without stopping for image taking. In this manner, a high wafer throughput is possible. Naturally, it is 20 also possible to stop the relative movement between stage 20 and image-taking device 22 for each image taking and to illuminate the entire surface 17 of wafer 16. Stage 20, image-taking device 22 and illumination device 23 are controlled by computer 15. The images taken can be stored by computer 15 in a memory 15a and can optionally be recalled therefrom.

25

Fig. 2b shows a top view of a wafer 16 resting on a stage 20. Wafer 16 has a center point 25. Layers are applied onto wafer 16 which in a subsequent processing step are structured. A structured wafer comprises a multiplicity of structured elements.

30 Fig. 3 shows a version of a user interface 30 for parameter input to establish a sensitivity profile 31 for the color fluctuations on surface 17 of wafer 16. On user interface 30, the color fluctuation is plotted as a function 32 of the radius of wafer 16. The deviations are evaluated,

and the fluctuations of function 32 are viewed as a measure of the change in color of surface 17 of wafer 16 as seen from center point 25 of wafer 16. Function 32 or the curve is obtained from the minimum of all values measured at a distance from center point 25 or of all measured values lying on a radius. To adapt sensitivity profile 31 to function 32, the user has at his disposal 5 several different profile forms 31a, 31b and 31c whereby he can determine and establish a learned sensitivity profile 31. Sensitivity profile 31 thus determined is used for the determination and characterization of defects on other wafers of a lot. In the production or in the application of the learned sensitivity profile 31, said sensitivity profile is compared with the measured values of different wafers of a lot. A defect is characterized when a measured value 10 falls below the learned sensitivity profile 31. The user interface 30 shown in Fig. 3 appears on display 13, and the user can make the required inputs by means of keyboard 14. After the user has chosen a first, second or third profile form 31a, 31b or 31c, he can change them by a visual comparison with function 32. The changing of a radially dependent sensitivity profile 31 while taking into account the radial function 32 of the reference wafer is accomplished in that at least 15 one parameter of the selected profile form is varied, a learned sensitivity profile thereby being determined visually. In other words, the user can decide visually on the display whether he is satisfied with the adaptation of sensitivity profile 31 to the particular function in question. On user interface 30, positioning elements 33 are shown to the user. The positioning elements 33 are shown under the graphic representation of sensitivity profile 31 and function 32. The 20 location of positioning elements 33 can be changed, for example, with the aid of a mouse (not shown). The second and third profile form 31b and 31c can have at least one section that is provided with a slope different from that of the rest of the profile form. In the version shown in Fig. 3, there are provided two sections in profile form 31 which differ in their slope. In Fig. 3, the transition from one section to the other is fixed by one of positioning elements 33. On 25 display 30, a setting element 35 is provided for the user for smoothing the sensitivity profile 31. Moreover, additional setting elements 36 for the sensitivity of sensitivity profile 31 are available to the user. By means of the multiplicity of setting elements 33, 35 and 36, the user can adapt sensitivity profile 31 to function 32 and on display 13 observe the changes that have taken place and evaluate them for their relevance. User interface 30 also provides the user with 30 a selection field 37 whereby he can add the sensitivity profiles of other reference wafers to the existing learned sensitivity profiles. Furthermore, it is possible for the user to use a new wafer as reference wafer and to establish for it a new learned sensitivity profile. In an input field 38,

the user obtains the information about the general settings concerning the color changes on a wafer. The settings comprise the color shift and the deviation from a histogram. In a selection field 39, the user can see which data selection was made or set. In the version represented in Fig. 3, the color shift was selected. The user confirms his input or settings by depressing an OK button 34.

Fig. 4 shows a version of a user interface for parameter input for establishing a learned sensitivity profile, function 40 representing the radial calibration of the histogram data. The representation of the user interface in Fig. 4 is comparable to the representation in Fig. 3. 10 Identical reference numerals are used to indicate the same components. For the adaptation of a sensitivity profile 41 to radial function 40, a profile form 31 was selected which has three sections differing in slope and/or level. The user evaluates the display visually to see if he is satisfied with the adaptation of sensitivity profile 31 to the particular function in question. Positioning elements 33 shown on user interface 30 can be displaced by the user so that they 15 mark the position of the transitions between the individual sections. The representation of positioning elements 33 is shown under the graphic representation of sensitivity profile 41 and function 40. In addition, the other setting elements 36 for the sensitivity of sensitivity profile 31 are made available to the user. With the multiplicity of setting elements 33, 35 and 36, the user can adapt sensitivity profile 31 to function 32 and on the display 13 observe the changes 20 that have taken place and evaluate them for their relevance.

C L A I M S

1. Method for evaluating recorded wafer images characterized by the following steps:

5

- recording the image of at least one reference wafer,
- determining and representing on a user interface the radial distribution of the values measured on the reference wafer as a radial homogeneity function, and

10

- changing a radially dependent sensitivity profile while taking into account the radial homogeneity function of the reference wafer by varying at least one parameter of the sensitivity profile, the learned sensitivity profile being determined visually by comparison with the radial homogeneity function.

15

2. Method as defined in claim 1, characterized in that the determination of defects is carried out on at least one additional wafer by comparison between the learned sensitivity profile of the at least one reference wafer with the measured radial distribution of the homogeneity function of the at least one other wafer, a defect being determined from the comparison of the measured radial distribution of the homogeneity function with the learned sensitivity profile.

20

3. Method as defined in claim 1, characterized in that the defect is determined by the fact that the measured radial distribution of the homogeneity function falls below the learned sensitivity profile and as such is marked on a graphic representation of the at least one other wafer

25

4. Method as defined in claim 1, characterized in that the learned sensitivity profile depends on the distance from the center point of the wafer.

30

5. Method as defined in claim 1, characterized in that several different profile forms can be selected by the user to determine the learned sensitivity profile.

6. Method as defined in claim 5, characterized in that three different profile forms can be selected by the user to determine the learned sensitivity profile.
7. Method as defined in one of claims 1 to 6, characterized in that a first profile form is 5 independent of the radial position on the wafer.
8. Method as defined in one of claims 1 to 6, characterized in that a second profile form has a first and a second section at least one of which can be varied in slope.
- 10 9. Method as defined in one of claims 1 to 6, characterized in that there is provided a third profile form having a first, second and third section of which at least one can be varied in slope.
- 15 10. Method according to one of the preceding claims, characterized in that at least one parameter can be changed so as to adapt the sensitivity profile to the radial homogeneity function of a wafer.
11. Method as defined in claim 10, characterized in that at least one parameter defines the radial position of a transition between two sections of the sensitivity profile differing in slope.
- 20 12. Method as defined in claim 10, characterized in that a parameter defines the level of the sensitivity profile, it being possible to set at least three levels of the sensitivity profile.
13. Method as defined in claim 12, characterized in that the setting of the level can be changed by use of a slider.
- 25 14. Method as defined in one of claims 1 to 13, characterized in that several learned sensitivity profiles can be combined.
15. Method as defined in one of claims 1 to 13, characterized in that a learned sensitivity profile 30 can at any time be replaced by a relearned sensitivity profile.

Abstract

A method for evaluating recorded images of wafers is disclosed. The recording of an image of at least one reference wafer is followed by the determination and representation, on a user interface, of the radial distribution of the measured values of the reference wafer as a radial homogeneity function. A radially dependent sensitivity profile is changed while taking into account the measured radial homogeneity function of the reference wafer. At least one parameter of the sensitivity profile is varied whereby a learned sensitivity profile is determined visually from the comparison with the radial homogeneity function.

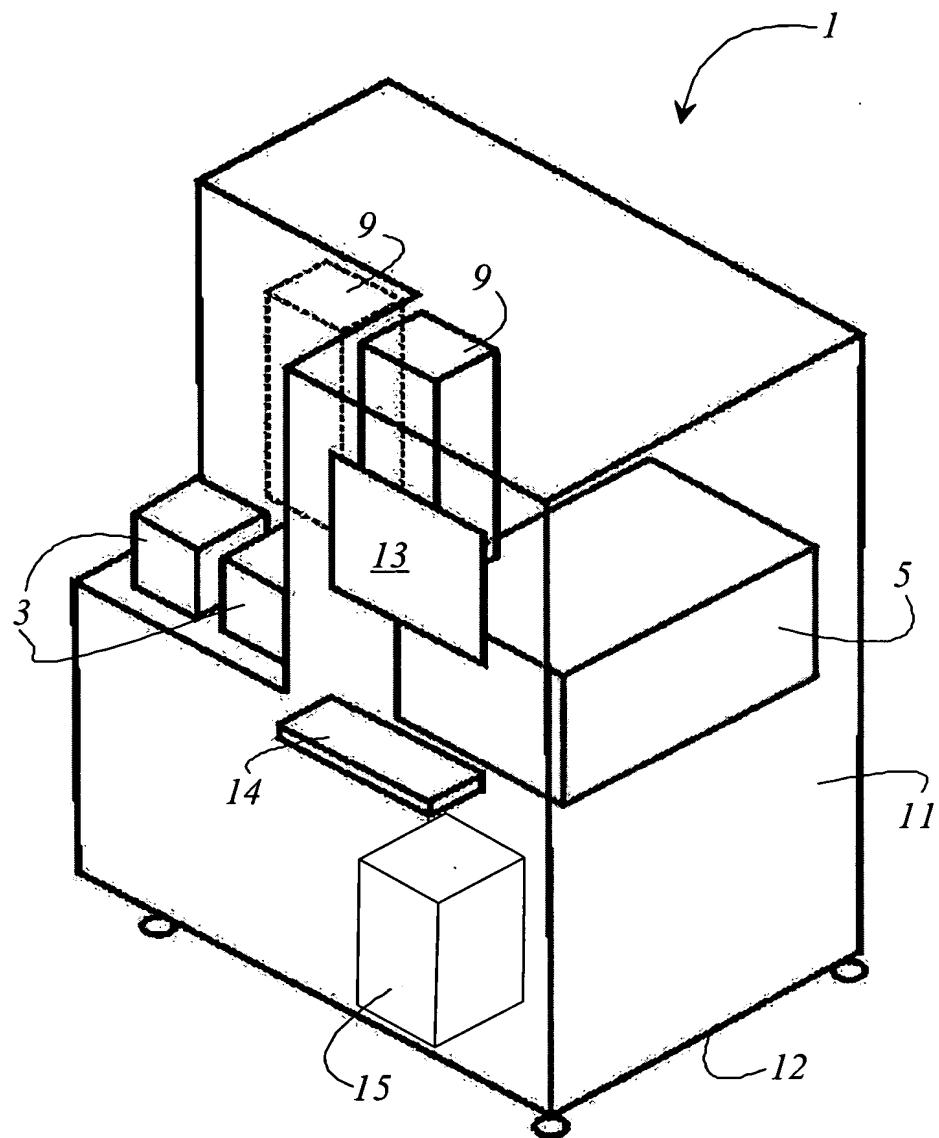


Fig. 1

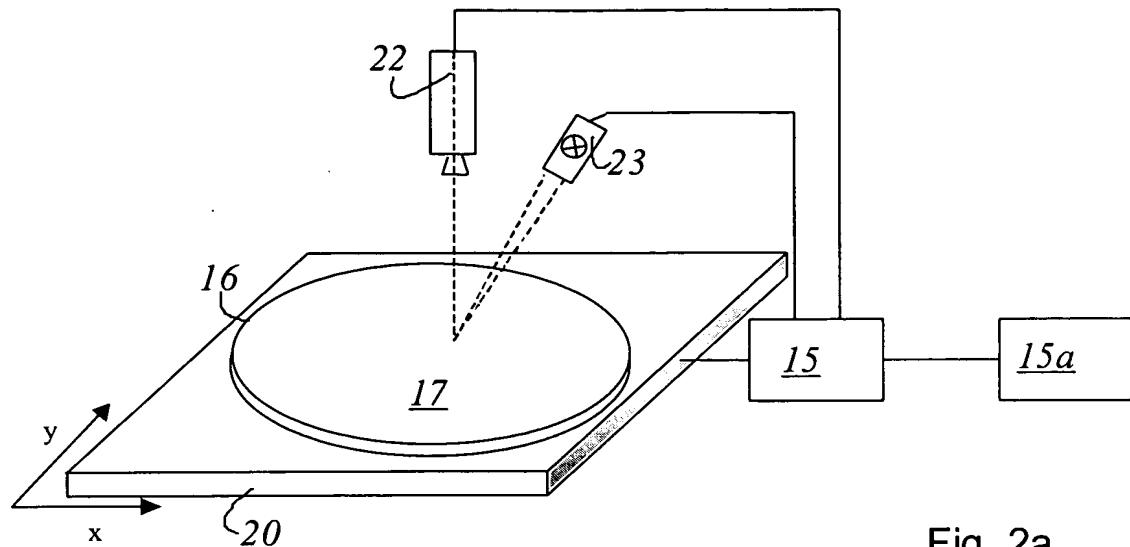


Fig. 2a

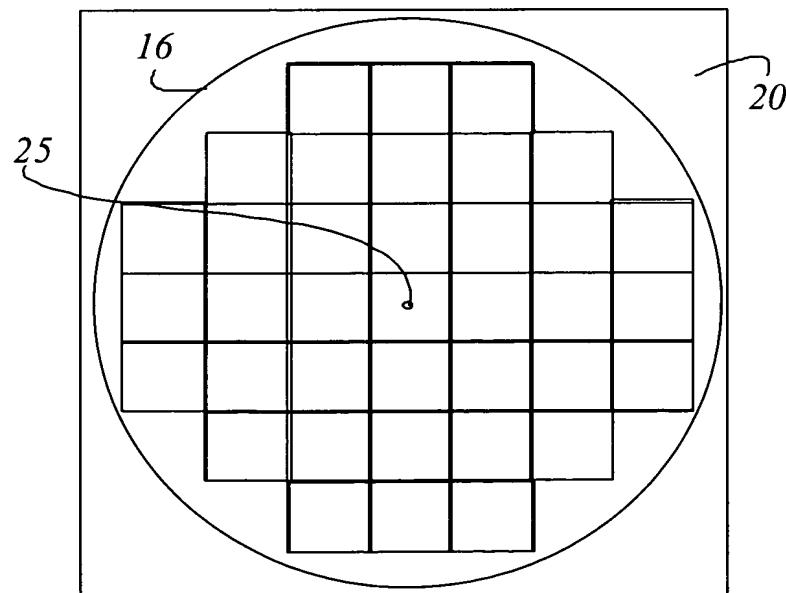
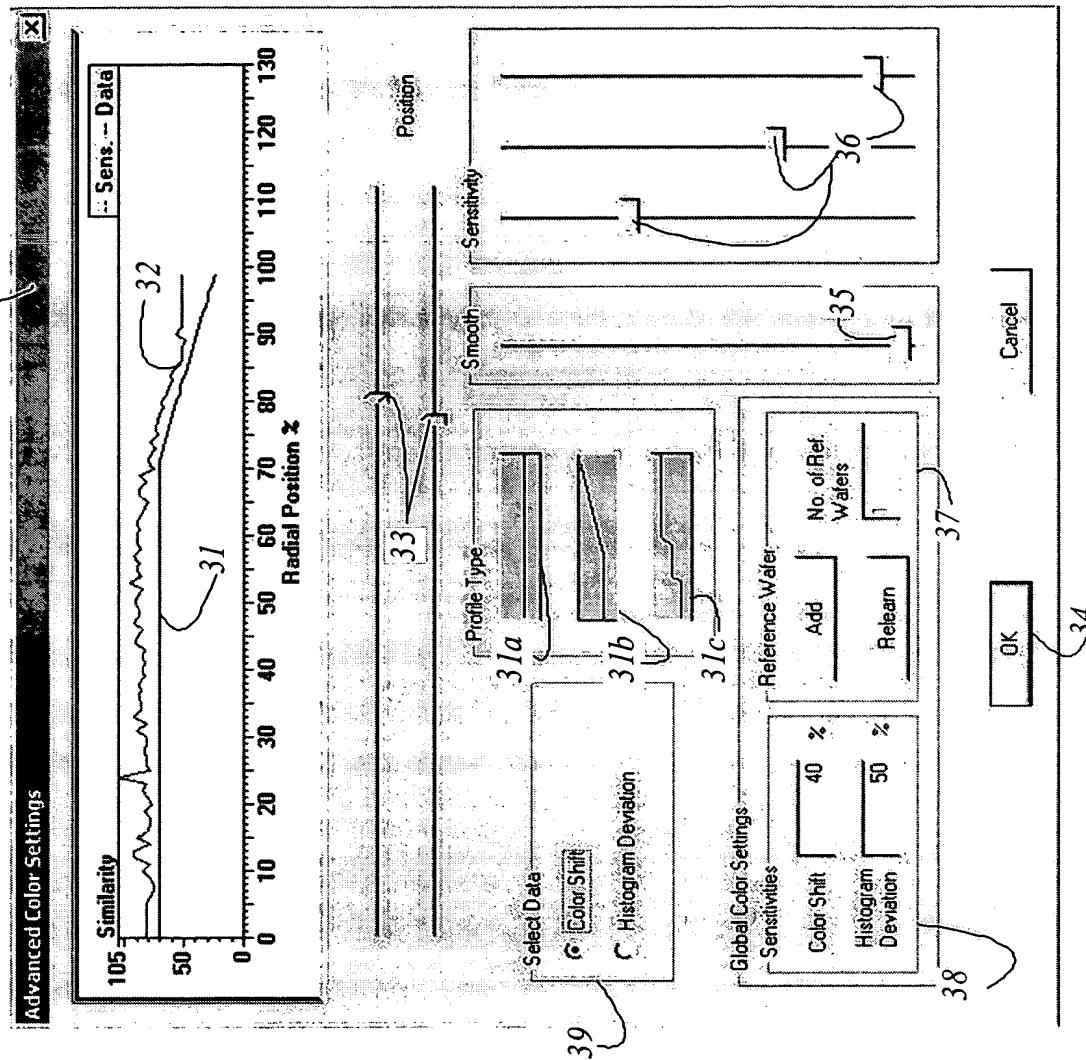


Fig. 2b

BEST AVAILABLE COPY

3/4

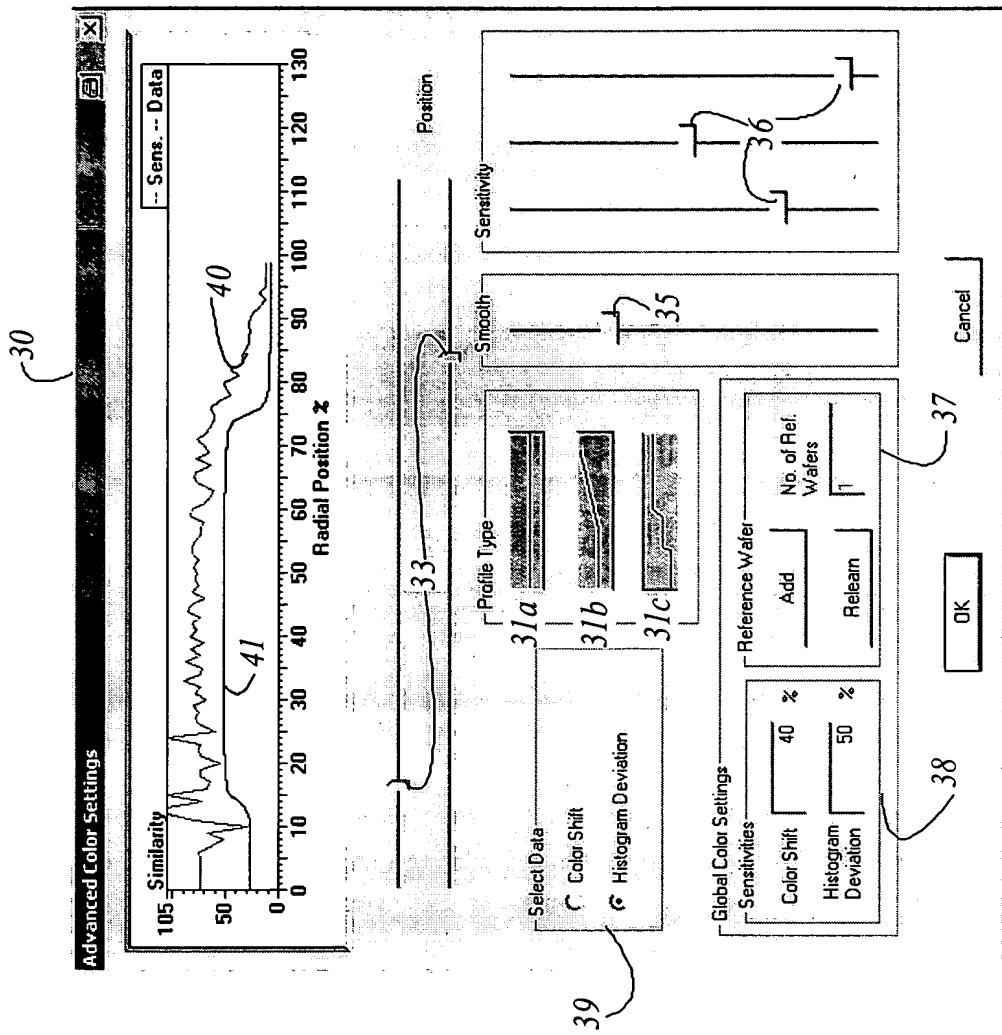
Fig. 3



BEST AVAILABLE COPY

4/4

Fig. 4



34

39

38

37

34